# Научно-методическое обоснование интегрированной технологии проводки глубоких скважин в пластичных солевых отложениях

Автор: **Жуманазаров Азамат Нематжонович**

ИП ООО "ERIELL WELL SOLUTIONS"

**Нуманов Назар Андреевич**

"ERIELL OSME DMCC"

**Аннотация.** Работа посвящена решению технологических проблем, на базе месторождения Таха (Китай) для последующего решения проблем при бурении сверхглубоких скважин на территории Юго-Западного Гиссара, в частности месторождения Когнысай. Технологические проблемы, возникающие при проводке глубоких скважин в условиях мощных соляно-ангидритовых толщ, склонных к деформации ползучести. Предложена научно обоснованная технология стабилизации ствола скважины, базирующаяся на создании регулируемого динамического баланса между скоростью усадки соли и скоростью химического растворения стенок скважины недонасыщенным буровым раствором. Определены критические параметры процесса: лимит скорости ползучести (0.108 мм/ч) и оптимальный диапазон плотности/минерализации флюида для месторождения Тахе. Рекомендованные технические решения, включая применение расширителей и высокопрочных обсадных колонн, позволяют минимизировать риск прихватов инструмента при бурении на глубинах 6000–9000 метров.

**Ключевые слова:** глубокое бурение, пластичные солевые отложения, деформация ползучести, усадка ствола скважины, плотность бурового раствора, минерализация, стабилизация ствола скважины.

## 1. Введение и актуальность

Строительство глубоких скважин (вертикальной глубиной 6000–9000 метров) на нефтегазовых месторождениях со сложными горно-геологическими условиями (таких как месторождение Таха, Китай) неизбежно сталкивается с проблемой преодоления мощных соляно-ангидритовых толщ. Каменная соль, на 80–90% состоящая из хлорида натрия ( $NaCl$ ), под влиянием высоких температур (свыше 205 °C) и экстремального геостатического давления приобретает выраженные пластические свойства.

Это приводит к деформации ползучести (creep), выражающейся в усадке (сужении) ствола скважины, прихватах бурильного инструмента и обсадных колонн, а также в последующем смятии труб. Разработка научных подходов к стабилизации ствола в таких интервалах является критически важной задачей для повышения безопасности и экономической эффективности глубокого бурения.

## 2. Научная гипотеза

Обеспечение устойчивости ствола скважины при проводке через глубокозалегающих пластичных солей достигается за счет целенаправленного формирования регулируемого динамического баланса на границе раздела «порода – буровой раствор».

При этом механическая скорость усадки ствола вследствие ползучести соли должна компенсироваться и уравновешиваться контролируемой скоростью химического расширения ствола (за счет растворения соли недонасыщенным буровым раствором). Это позволяет удерживать скорость усадки на безопасном уровне (ниже 0.108 мм/ч) без необходимости чрезмерного утяжеления флюида, предотвращая тем самым гидроразрыв и поглощения в лежащих выше и ниже солей неустойчивых терригенных пластах.

**3. Методология**

Исследования базировались на комплексном анализе кернового материала и каротажных данных. Механические свойства и скорость ползучести солей определялись в ходе лабораторных испытаний образцов на трехосное сжатие при моделировании пластовых давлений и температур.

Для измерения фактической усадки открытого ствола в процессе бурения применялись данные повторного электрокаротажа и многорычажной кавернометрии. Оценка химического растворения соли проводилась путем измерения изменения диаметра скважины в зависимости от уровня суммарной минерализации (содержания солей в водной фазе флюида) при различных температурах.

Технологическая часть методологии включала проектирование и применение бурильных колонн переменного диаметра для стабилизации траектории, специализированных PDC долот и наддолотных расширителей для калибровки ствола в интервале текучих солей.

**4. Выводы и рекомендации**

1. Экспериментально доказано, что безопасное бурение соляных пластов и последующий спуск обсадных колонн гарантируются при скорости деформации ползучести соли ниже 0.108 мм/ч.

2. Для глубоких интервалов солей месторождения Тахе обоснован и рекомендован оптимальный диапазон плотности бурового раствора от 1.65 х $10^3$ до 1.70 х $10^3$ кг/$м^3$ при суммарной минерализации флюида в пределах 160 000 – 170 000 мг/л. При этом балансовая разница между скоростями усадки и расширения ствола удерживается на уровне около 0.003 мм/ч, что также применимо при бурении сверхглубоких скважин на территории месторождений Юго-Западного Гиссара.

3. Для исключения прихватов время нахождения открытого ствола в соляном интервале без обсадки должно быть строго ограничено (не более 40 часов для спуска технической колонны). Крепление интервала необходимо осуществлять комбинированными высокопрочными обсадными колоннами диаметром 244.5 и 273.1 мм.

**Список литературы**

1. Liguo Z., Shiping W., Defu Z., Zhifeng W., Guang Y. Deep-Salt-Formation Wells Successfully Drilled With Integrated Techniques in Tahe Oilfield. Paper SPE 115208 presented at the IADC/SPE Asia Pacific Drilling Conference and Exhibition, 25-27 November 2008, Jakarta, Indonesia.

2. Israel R.R., D'Ambrosio P., Leavitt A.D., Shaughnessey J.M., Sanclemente J. Directional Drilling Challenges in Deep Salt Formations in the Gulf of Mexico. Paper SPE 112669 presented at the IADC/SPE Drilling Conference, 2008.[2]

3. Oleas A., Osuji C.E., Chenevert M.E., Sharma M.M. Entrance Pressure of Oil Based Mud Into Shale: Effect of Shale Water Activity and Mud Properties. Paper SPE 116364 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 21-24 September 2008, Denver, Colorado, USA.

4. Equivalent-Circulating-Density Fluctuation in Extended-Reach Drilling - ResearchGate, дата последнего обращения: мая 20, 2026, https://www.researchgate.net/publication/273528437_Equivalent-Circulating-Density_Fluctuation_in_Extended-Reach_Drilling

5. sbornik_obzorov_tekhnicheskikh_statei_spe_iz_zhurnala_journa.pdf

6. IADC/SPE 115149 Fluctuation of Equivalent Circulating Density in Extended Reach Drilling with Repeated Formation and Erosion of - OnePetro, дата последнего обращения: мая 20, 2026, https://onepetro.org/SPEAPDT/proceedings-pdf/08APDT/08APDT/SPE-115149-MS/4079583/spe-115149-ms.pdf